

# DEVICE AND METHOD FOR OPERATING MINUTE OBJECT

Patent number: JP2000241310

Publication date: 2000-09-08

Inventor: HATASE TAKAYUKI

Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Classification:

- international: G21K1/00; G21K1/00; (IPC1-7): G01N1/02; C12M1/00; G02B21/32

- european: G21K1/00N

Application number: JP19990041335 19990219

Priority number(s): JP19990041335 19990219

Also published as:



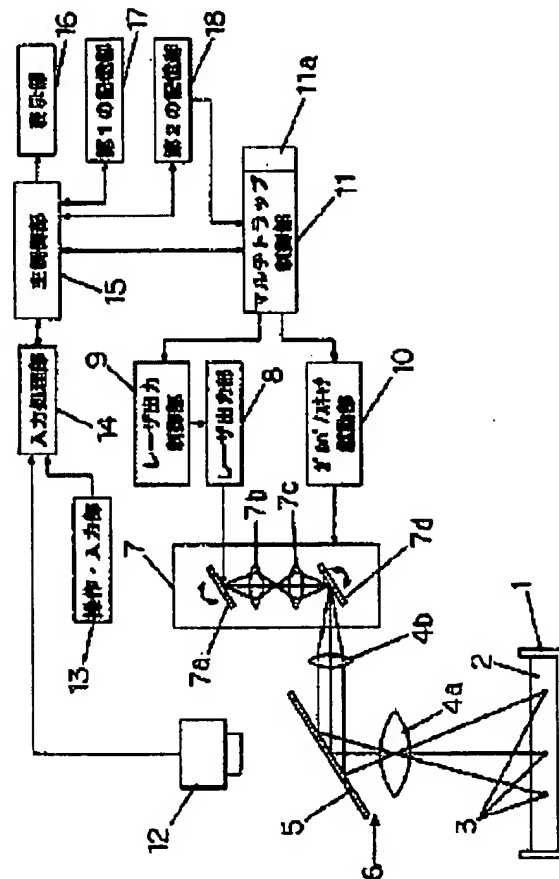
US6501071 (B1)

US2002185591 (A1)

Report a data error here

## Abstract of JP2000241310

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve low-cost device and method for operating a minute object that can simultaneously capture a plurality of minute objects by an optical trap. **SOLUTION:** In the operating device of a minute object that simultaneously captures a plurality of minute objects 3 by an optical trap, an optical trap means where a laser beam being applied by a simple laser output part 8 is condensed by an optical system 6, is scanned by a single galvano scanner 7, is applied to a minute object 3 to be operated, and the minute object is captured, and a multi-trap control part 11 where a laser output control part 9 and a galvano scanner driving part 10 are controlled so that a plurality of minute objects can be captured simultaneously in parallel by time sharing using the optical trap means, thus suppressing the costs of the facilities of accurate and expensive laser application and scan/optical systems, and efficiently operating the minute objects by the low-cost facilities.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-241310  
(P2000-241310A)

(43)公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	特開2000-241310A (参考)
G 0 1 N 1/02		C 0 1 N 1/02	A 2 H 0 5 2
C 1 2 M 1/00		C 1 2 M 1/00	A 4 B 0 2 9
G 0 2 B 21/32		G 0 2 B 21/32	

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-41335

(22)出願日 平成11年2月19日(1999.2.19)

(71)出願人 000003821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 畑瀬 貴之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 10009/445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

Fターム(参考) 2H052 AC34 AF19 AF22

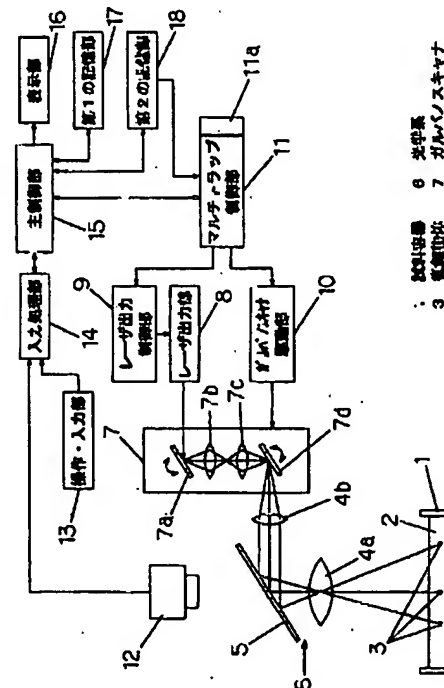
4B029 AA23 AA25 BB01 CC01

(54)【発明の名称】 微細物体の操作装置および操作方法

(57)【要約】

【課題】 複数の微細物体を光学的トラップにより同時に捕捉することができる低コストの微細物体の操作装置および操作方法を提供すること。

【解決手段】 複数の微細物体3を光学的トラップにより同時に捕捉する微細物体の操作装置において、単一のレーザ出力部8によって照射されたレーザ光を光学系6によって集光し単一のガルバノスキャナ7によって走査させて操作対象の微細物体3に照射してこの微細物体を捕捉する光学的トラップ手段と、この光学的トラップ手段によって複数の微細物体を時分割により同時並行的に捕捉するべくレーザ出力制御部9およびガルバノスキャナ駆動部10を制御するマルチトラップ制御部11とを備えた。これにより、精密・高価なレーザ照射系や走査・光学系の設備費用を抑制して、低コスト設備によって効率よい微細物体の操作を行うことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】単一のレーザ光照射手段によって照射されたレーザ光を光学系によって集光し単一のレーザ光走査手段によって走査させて操作対象の微細物体に照射してこの微細物体を捕捉する光学的トラップ手段と、この光学的トラップ手段によって複数の微細物体を時分割により同時並行的に捕捉するべく前記光学的トラップ手段を制御するマルチトラップ制御手段とを備えたことを特徴とする微細物体の操作装置。

【請求項2】前記レーザ光照射手段の出力を制御するレーザ出力制御手段を備え、前記マルチトラップ制御手段によってレーザ出力制御手段を制御することにより、操作対象の微細物体の捕捉時・非捕捉時におけるレーザ出力を切り換えることを特徴とする請求項1記載の微細物体の操作装置。

【請求項3】単一のレーザ光照射手段によって照射されたレーザ光を光学系によって集光し単一のレーザ光走査手段によって走査させて操作対象の微細物体に照射してこの微細物体を捕捉する光学的トラップ手段をマルチトラップ制御手段によって制御することにより、複数の微細物体を時分割により同時並行的に捕捉することを特徴とする微細物体の操作方法。

【請求項4】操作対象の微細物体の捕捉時・非捕捉時における前記レーザ光照射手段のレーザ出力を切り換えることを特徴とする請求項3記載の微細物体の操作方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微生物や動植物細胞などの微細物体の捕捉・移動の操作を行う微細物体の操作装置および操作方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】生化学分野等における各種試験や分析では、試料中に存在する微生物や動植物細胞などの微細物体の中から特定の微細物体を識別して捕捉し、採取する操作が行われる。近年微細物体の捕捉にレーザピンセットが用いられるようになってきている。このレーザピンセットは試料溶液中などに存在する微細物体にレーザ光を集光して照射することにより、光学的トラップを形成してこの微細物体を捕捉するものであり、非接触・非破壊で微細物体を捕捉することができ、レーザ光を走査させることにより捕捉した微細物体を試料中の任意の位置に移動させることができるなど、多くの長所を有している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで前記微細物体の捕捉や採取を行う際に対象とする微細物体は1つとは限らず、同時に複数の微細物体を操作対象とする場合がある。このような場合、前述のレーザピンセットによってこれらの複数の対象物を捕捉しようとするれば、当然複数セットのレーザピンセット装置を必要とする。しかしながらレーザピンセット装置はレーザ照射装置やレーザ

光走査装置などの精密・高価な光学機器から構成されているため、これらの機器を操作対象物の数だけ備えると非常に高コストを要する。このため、従来レーザ光走査装置や光学系のみを複数個そろえ、レーザ光を分光することによりレーザ照射装置を共用するようにしたものなど、低コスト化を目的とした操作装置が実用化されているがなおコスト面では高価であり、更なるコストダウンが求められていた。

【0004】そこで本発明は、複数の微細物体を光学的トラップにより同時に捕捉することができる低コストの微細物体の操作装置および操作方法を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の微細物体の操作装置は、単一のレーザ光照射手段によって照射されたレーザ光を光学系によって集光し単一のレーザ光走査手段によって走査させて操作対象の微細物体に照射してこの微細物体を捕捉する光学的トラップ手段と、この光学的トラップ手段によって複数の微細物体を時分割により同時並行的に捕捉するべく前記光学的トラップ手段を制御するマルチトラップ制御手段とを備えた。

【0006】請求項2記載の微細物体の操作装置は、請求項1記載の微細物体の操作装置であって、前記レーザ光照射手段の出力を制御するレーザ出力制御手段を備え、前記マルチトラップ制御手段によってレーザ出力制御手段を制御することにより、操作対象の微細物体の捕捉時・非捕捉時におけるレーザ出力を切り換えるようにした。

【0007】請求項3記載の微細物体の操作装置は、単一のレーザ光照射手段によって照射されたレーザ光を光学系によって集光し単一のレーザ光走査手段によって走査させて操作対象の微細物体に照射してこの微細物体を捕捉する光学的トラップ手段をマルチトラップ制御手段によって制御することにより、複数の微細物体を時分割により同時並行的に捕捉するようにした。

【0008】請求項4記載の微細物体の操作装置は、請求項3記載の微細物体の操作装置であって、操作対象の微細物体の捕捉時・非捕捉時における前記レーザ光照射手段のレーザ出力を切り換えるようにした。

【0009】本発明によれば、単一の光学的トラップ手段によって時分割により複数の微細物体を同時並行的に捕捉することにより、低コスト設備によって効率よい微細物体の操作を行うことができる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の構成を示すブロック図、図2、図3、図4、図5、図6、図7は同微細物体の操作装置の表示画面を示す図、図8、図9、図10、図11は同微細物体の操作方法を示すフロー図、図12(a)は同微細物体

体の移動量を示す図、図12(b)は同微細物体の移動速度パターンを示すグラフ、図13は同微細物体の捕捉動作のタイムチャートである。

【0011】まず図1を参照して微細物体の操作装置の構成を説明する。図1において試料容器1内に収容された溶液2中には、微生物や動植物細胞などの微細物体3が多数浮遊状態で存在している。これらの微細物体3は操作装置による捕捉や移動などの操作対象となるものである。試料容器1の上方にはハーフミラー5、レンズ4a、4bを含む光学系6が配設されている。

【0012】レンズ4bにはガルバノスキャナ7を介してレーザ光照射手段であるレーザ出力部8から照射されるレーザ光が入射する。レーザ出力制御手段であるレーザ出力制御部9によってレーザ出力部8を駆動することにより照射されたレーザ光は、ガルバノスキャナ7に入射し、次いでレンズ4bを通過してハーフミラー5により反射され、レンズ4aを通して試料容器1内に入射する。

【0013】ガルバノスキャナ7はガルバノミラー7a、7dおよびレンズ7b、7cを備えており、ガルバノスキャナ駆動部10によってガルバノミラー7a、7dを駆動することにより、試料容器1内に照射されるレーザ光の照射位置を走査させる。したがってガルバノスキャナ7およびガルバノスキャナ駆動部10は、レーザ光を走査させるレーザ光走査手段となっている。また、光学系6は入射したレーザ光を集光して試料容器1内に照射する。

【0014】ハーフミラー5の上方にはカメラ12が配設されている。カメラ12はハーフミラー5を透過して試料容器1内の微細物体3を撮像する。撮像により得られた画像データは入力処理部14によりA/D変換処理されて主制御部15に入力される。また入力処理部14にはキーボードやマウスなどの操作・入力部13が接続されており、操作・入力部13には操作コマンドや各種データが入力される。

【0015】主制御部15は画像処理機能を備えており、第1の記憶部17に記憶された画像認識処理に必要な各種のプログラムに基づいて前記画像データを画像処理することにより、試料容器1内の微細物体3の位置を検出する。表示部16は撮像された微細物体3の画像や操作・入力時の操作画面を表示する。

【0016】レーザ出力制御部9およびガルバノスキャナ駆動部10はマルチトラップ制御部11によって制御される。主制御部15によって検出された微細物体3の位置データはマルチトラップ制御部11に伝達され、この位置データに基づいてガルバノスキャナ駆動部10を制御することにより、試料容器1内の任意の微細物体3に光学系6によって集光されたレーザ光を照射することができる。これにより、レーザ光を照射された微細物体3はレーザ光により光学的に捕捉される。すなわちレー

ザ出力部8、レーザ出力制御部9、ガルバノスキャナ7、ガルバノスキャナ駆動部9および光学系6はレーザ光により微細物体を捕捉する光学的トラップ手段となっている。

【0017】ここで、本微細物体の操作装置は上述のレーザ出力部8、レーザ出力制御部9、ガルバノスキャナ7および光学系6をそれぞれ単一セットのみ備え、すなわち単一の光学的トラップ手段を備えた構成となっている。このような単一の光学的トラップ手段によって複数の微細物体を同時並行的に捕捉し、また移動させるマルチトラップ機能について説明する。

【0018】マルチトラップ制御部11は主制御部15とは別に独立してマルチトラップ処理を行う機能を有し、操作対象の微細物体に照射されるレーザ光の照射時間を規定するタイマ11aを備えている。また第2の記憶部18には後述する操作対象の微細物体のカウント値や現在位置および移動先位置に関する座標データなどマルチトラップ処理に必要なマルチトラップデータが記憶される。

【0019】このマルチトラップデータに基づき、タイマ11aにより指示されるタイミングに従って、レーザ出力制御部9およびガルバノスキャナ駆動部10を制御することにより、複数の微細物体3に所定タイミングで順次レーザ光を照射して同時並行的にこれらの複数の微細物体を捕捉することができる。すなわちマルチトラップ制御部11は、光学的トラップ手段によって時分割により複数の微細物体を同時並行的に捕捉するべく光学的トラップ手段を制御する。

【0020】このマルチトラップ処理において、必要な指示や入力は表示部16に表示される表示画面上で行われる。ここで表示画面について図2を参照して説明する。表示画面20には、試料容器1内の撮像画面を表示する画像枠21、操作ボタン22～25、メッセージボックス26、物体欄28、現在位置座標表示欄29および目標位置座標表示欄30が設けられている。画像枠21内には微細物体3a、3bおよびカーソル27が表示される。

【0021】操作ボタン22を選択すると物体設定、すなわち操作対象の微細物体を表示画面上で特定する処理が可能となる。操作ボタン23を選択することにより、前記物体設定にて特定された微細物体の移動が開始される。操作ボタン24、25を選択することにより、直前に設定された物体設定の取り消し、マルチトラップ処理のリセットまたは全設定の取り消しが行われる。メッセージボックス26には、物体指示など入力操作を促すメッセージが表示される。物体欄28には、画面上で指示された物体を特定する物体番号が表示される。現在位置座標表示欄29、目標位置座標表示欄30には、指示された微細物体のそれぞれについて現在位置および目標位置のXY座標値が表示される。

【0022】この微細物体の操作装置は上記の様に構成されており、以下各図を参照して微細物体の操作方法について説明する。まず物体設定処理について図2～図5を参照し図8のフローに沿って説明する。この物体設定処理は、操作対象となる微細物体を表示画面上で特定するとともに、当該微細物体の現在位置および移動先位置を指定する工程に関する処理である。図8において、まずカウンタの初期設定を行う（ST1）。ここでcount [物体] は既に設定された微細物体数を、count [最大個数] は予定された設定物体数の最大値（この例では3個）を示す。またC1は処理順を示すカウンタであり、処理が開始されるとカウンタC1に1が加算される（ST2）。

【0023】次いで物体指示を促すメッセージが画面に表示される（ST3）。この表示をうけて、作業者は所望の微細物体3にカーソル27を合わせることにより、物体指示を行う。そして指示のあったことが確認されたならば（ST4）、当該位置に指示済みを示す四角枠31が表示されるとともに、カーソル27の座標を微細物体の現在位置（SX（C1）、SY（C1））として第2の記憶部18へ記憶する（ST5）。図3は微細物体3aにカーソル27を合わせることにより、表示欄28aの物体1が特定され現在位置座標表示欄29に物体1の現在位置の座標値が表示された状態を示している。次いでメッセージボックス26には、微細物体の目標位置（移動先）のカーソル27による指示入力を促すメッセージが表示される。このメッセージをうけて、作業者はカーソル27を移動させて目標位置の指示入力を行う。

【0024】そして目標位置の指示入力有りが確認されたならば（ST7）、当該位置には指示位置を示す三角枠32が表示されるとともに、カーソル27の座標を目標位置（EX（C1）、EY（C1））として第2の記憶部18に記憶する（ST8）。これにより、1個の微細物体についての物体設定処理が終了し、count [物体] に1を加算する処理が行われる（ST9）。

【0025】次に、count [物体]、すなわち既設定の物体数が設定されたcount [最大個数] に到達したか否かが判断され（ST10）、未だcount [最大個数] に達していなければST2に戻って同様の処理が繰り返される。count [最大個数]（3個）に到達していれば、図5に示すように既に指示された物体の数が最大個数に到達したことを表示して（ST11）、物体設定処理を終了する。

【0026】これにより、画像枠21には3個の微細物体（物体1、物体2、物体3）の指定および目標位置の指示入力結果が四角枠31および三角枠32によって表示され、表示欄28a、28b、28cには物体1、物体2、物体3の現在位置および目標位置の座標値が表示される。なお、本実施の形態では最大個数（3個）の微細物体を指示する例を示したが、これより少ない1個や

2個でもよい。

【0027】次に図9のフローを参照してマルチトラップ処理の捕捉モードについて説明する。この処理は、上述の物体設定処理によって設定された複数の微細物体を、同時並行的に捕捉して現在位置を保持する処理であり、操作対象の微細物体が指示された時点から捕捉を行う。まず最初にcount [物体] が0であるか否か、すなわち操作対象の微細物体が既に指示されているか否かが確認され（ST20）、count [物体] が0以外の値であれば処理順を示すカウンタC2を0にリセットし（ST21）、次いでカウンタC2に1を加算した後に（ST22）、1個の微細物体に対しての連続照射時間t [ON] を計算し、マルチトラップ制御部11のタイマ11aにセットする（ST23）。

【0028】ここで図13を参照して連続照射時間t [ON] について説明する。図13はレーザ光による捕捉動作のサイクルタイムTc中での連続照射時間t [ON] と照射停止時間t [OFF] の配分を示したものである。図13に示すA、B、Cはそれぞれcount [物体] が1、2、3の場合のタイムチャートを示しており、1回の連続照射時間t [ON] には必ず1回の照射停止時間t [OFF] が対応した形となっている。すなわち連続照射時間t [ON] は、固定的に設定される照射停止時間t [OFF] と、count [物体] の値によって図13に示す計算式を用いて計算される。

【0029】次にガルバノスキャナ7を駆動して（C2）個目の微細物体の現在位置にレーザ光の照射位置を合わせる（ST24）。このときの現在位置は第2の記憶部18から読み出される。そしてレーザ照射開始と同時にタイマ11aの計時をスタートし（ST25）、タイマ11aのタイムアップを確認して（ST26）、レーザ照射を停止する（ST27）。この後カウンタC2のカウンタ値が、現時点で指示済みの微細物体の数count [物体] に到達しているか否かが判断され（ST28）、未到達であればST22に戻って同様の処理が繰り返される。

【0030】そしてこのカウンタ値C2がcount [物体] に到達したならば、移動モードへの切替えが行われたか、すなわち移動の選択ボタン23が既に操作されて移動が選択されたか否かを確認し（ST29）、移動が選択されていないならばST20に戻って捕捉状態を継続する。そして移動が選択されていれば、後述するマルチトラップ処理の移動モードへの切替えが行われる（ST30）。

【0031】なお、上記説明ではレーザ出力部8から照射されるレーザ光のレーザ出力は常に一定であり、照射を断続することにより微細物体の捕捉・非捕捉の切り換えが行われるが、マルチトラップ制御部11によってレーザ出力制御部9を制御して、微細物体の捕捉時・非捕捉時におけるレーザ出力を切り換えるようにしてもよ

い。すなわち、捕捉を解除する際においてもレーザ出力部8からのレーザ照射は停止せず、レーザ出力を光トラップ作用をほとんど有しない程度の低出力に切り換えることにより非捕捉状態とするものである。このような制御方法を採用することにより、レーザ出力部8は常に駆動状態にあることから捕捉開始時のレーザ光照射の立ち上がり時間を短縮して操作装置の応答性を向上させることができる。

【0032】次に図10を参照してマルチトラップ処理の移動モードについて説明する。この処理はレーザ光を走査させることにより、捕捉した微細物体を目標位置まで移動させるものである。ここでは、前述の3個の微細物体を指示された目標位置まで移動させる例を示しており、図6に示す選択ボタン23を操作することにより開始される。

【0033】まずそれぞれの微細物体が目標位置に到着しているか否かを示す到着フラグF1、F2、F3をそれぞれ0、すなわち未到着状態にセットする(ST31)。次にカウンタC3を0にリセットし(ST32)、次いでカウンタC3に1を加算した後に(ST33)、1個の物体に対する連続照射時間t[ON]を計算し、タイマ11aにセットする。この連続照射時間t[ON]は前述の捕捉モードにおける場合と同様に、照射停止時間t[OFF]と指定されている微細物体の個数を示すカウンタC2の値に基づいて決定される。

【0034】次に(C3)個目の微細物体について移動開始位置/移動終了位置の設定処理が行われる(ST35)。この処理はレーザ光を走査させて各微細物体を捕捉・移動させる1サイクルにおいて、各微細物体を移動させる際の移動開始位置および移動終了位置をその都度設定する処理であり、後述するサブルーチンに従って処理が行われる。移動開始位置が設定されたならば、ガルバノスキャナ7を駆動して照射位置を移動開始位置に合わせる(ST36)。なお最初の動作において当初の捕捉位置と移動開始位置が一致している場合には、照射位置は実際には移動しない。

【0035】次にレーザ照射開始と同時にタイマ11aがスタートし(ST37)、ガルバノスキャナ7を再び駆動して照射位置を移動終了位置まで移動する(ST38)。これにより図6に示すように微細物体3a、3bは目標位置に向かって移動を開始する。移動中にタイマ11aのタイムアップを検出したならば(ST39)レーザ照射を停止し(ST40)、制御部15より微細物体の位置認識指令が出力される(ST41)。これによりカメラ12によって得られた画像データを画像認識することによって移動終了時の微細物体の現在位置が検出され、検出結果は第2の記憶部18に記憶される。

【0036】この後カウンタC3のカウント値がcount[物体](3個)に到達したか否かを判断し(ST42)、未到達であればST33に戻って次の微細物体

に対して同様の処理を繰り返す。そしてcount[物体]に到達していればフラグF1、F2、F3より全ての微細物体が目標位置に到着したか否かを判断する(ST43)。ここで未到着であればST32に戻って同様の処理を繰り返し、また全ての微細物体の目標位置への到着が確認されたならば、マルチトラップ処理の捕捉モードへ切替える(ST44)。図7はこのようにして微細物体3a、3bの移動が完了した状態を示しており、メッセージボックス26には移動完了を示すメッセージが表示される。

【0037】次に図11、図12を参照して前述のST35に示す移動開始位置/移動終了位置の設定処理について説明する。まず現在位置(SX(C3)、SY(C3))と、目標位置(EX(C3)、EY(C3))を第2の記憶部18より読み取る(ST50)。次いで、目標位置に対して現在位置は所定の範囲内にあるか否か、すなわち微細物体が目標位置に所定許容誤差範囲内で到着しているか否かを判断する(ST51)。ここで既に到着していれば当該微細物体の到着フラグF(C3)を1にセットし(ST52)、未到着であればフラグF(C3)をそのままにして移動開始位置の設定を行う。

【0038】すなわち、図12に示すように読みとった現在位置を移動開始位置として、xs=SX(C3)、ys=SY(C3)にセットする(ST53)。次に、移動開始位置(xs, ys)から目標位置(EX(C3), EY(C3))までの残移動距離Laを、移動開始位置と目標位置の座標を用いて(数1)により算出する(ST54)。

【0039】

【数1】

$$L_a = \sqrt{(EX(C3) - SX(C3))^2 + (EY(C3) - SY(C3))^2}$$

次いでレーザ光を走査させる1サイクルで当該微細物体が移動する1サイクル移動距離Lbを(数2)により算出する(ST55)。ここでは、図12(b)に示す移動速度Vの速度パターン関数f(t)を用いて数値積分により移動距離Lbを求める。なお、図12(b)では速度パターン関数の形を最も簡略化された直線状パターンの例を示しているが、実際の速度パターンはガルバノスキャナ7の駆動特性に即したものに設定される。

【0040】

【数2】

$$L_b = \sum_0^{t[ON]} f(t) \Delta t$$

そして残移動距離Laと1サイクル移動距離Lbの大きさを比較し(ST56)、ここで残移動距離Laが1サイクル移動距離Lbよりも大きければ、1サイクル移動距離Lbだけ移動させた点を移動終了位置(xe, ye)

とする(ST57)。ここで、座標値 $x_e$ 、 $y_e$ は(数3)により求められる。すなわち、移動開始位置の座標値に、目標位置までの座標差分に $L_b/L_a$ の比を乗じた按分比例座標値を加えることにより求められる。

【0041】

【数3】

$$X_e = SX(C3) + L_b/L_a(EX(C3) - SX(C3))$$

$$Y_e = SY(C3) + L_b/L_a(EY(C3) - SY(C3))$$

そして残移動距離 $L_a$ が1サイクル移動距離 $L_b$ よりも小さい場合、すなわち目標位置到着までに1サイクル移動相当分の移動を必要としない場合には、目標位置( $EX(C3)$ 、 $EY(C3)$ )そのものが移動終了位置( $x_e$ 、 $y_e$ )となる(ST58)。

【0042】上記説明したように、本発明はレーザ光を操作対象の微細物体に照射することにより当該微細物体を光学的にトラップする微細物体の操作装置において、単一の光学的トラップ手段を用いて時分割により複数の操作対象を同時並行的に捕捉することにより、光学的トラップ方法の有する利点を確保しつつ、高価なレーザ照射系や走査・光学系に要する設備費用を最小限に抑制して低コストの微細物体の操作装置を実現することができる。

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、単一の光学的トラップ手段を用いて時分割により複数の操作対象を同時並行的に捕捉することにより、光学的トラップ方法の有する利点を確保しつつ、高価なレーザ照射系や走査・光学系に要する設備費用を最小限に抑制して低コストの微細物体の操作装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の構成を示すブロック図

【図2】本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の

表示画面を示す図

【図3】本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の表示画面を示す図

【図4】本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の表示画面を示す図

【図5】本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の表示画面を示す図

【図6】本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の表示画面を示す図

【図7】本発明の一実施の形態の微細物体の操作装置の表示画面を示す図

【図8】本発明の一実施の形態の微細物体の操作方法を示すフロー図

【図9】本発明の一実施の形態の微細物体の操作方法を示すフロー図

【図10】本発明の一実施の形態の微細物体の操作方法を示すフロー図

【図11】本発明の一実施の形態の微細物体の操作方法を示すフロー図

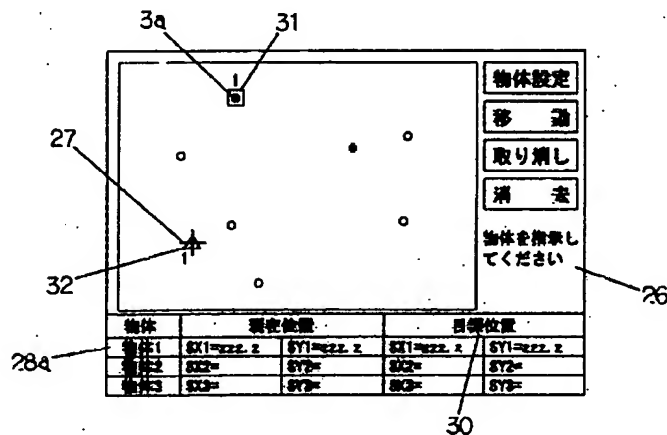
【図12】(a)本発明の一実施の形態の微細物体の移動量を示す図(b)本発明の一実施の形態の微細物体の移動速度パターンを示すグラフ

【図13】本発明の一実施の形態の微細物体の捕捉動作のタイムチャート

【符号の説明】

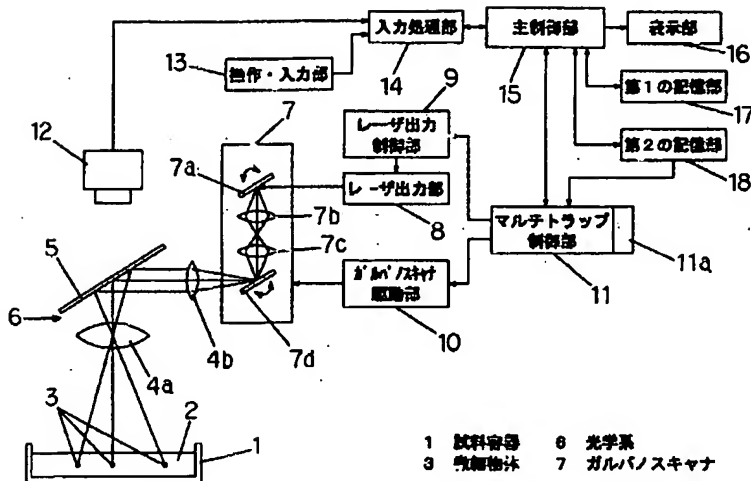
- 1 試料容器
- 3 微細物体
- 6 光学系
- 7 ガルバノスキャナ
- 8 レーザ出力部
- 9 レーザ出力制御部
- 10 ガルバノスキャナ駆動部
- 11 マルチトラップ制御部

【図4】

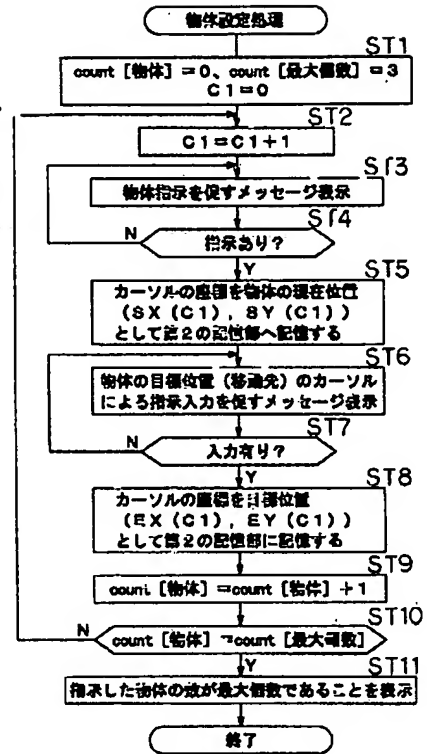




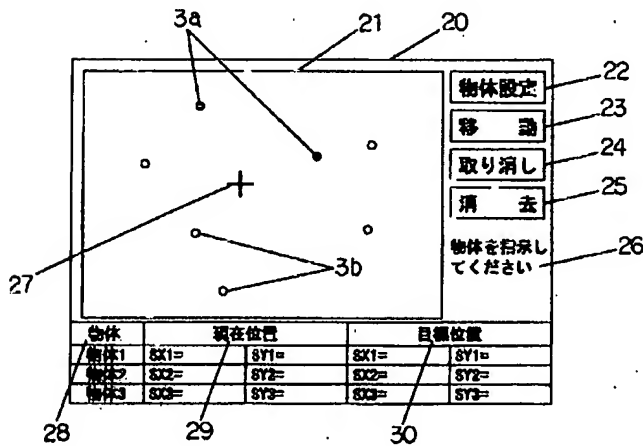
【図1】



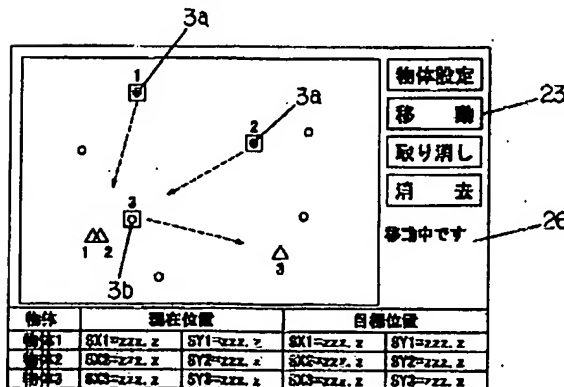
【図8】



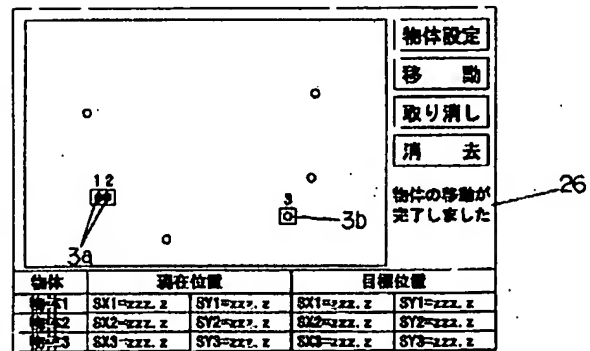
【図2】



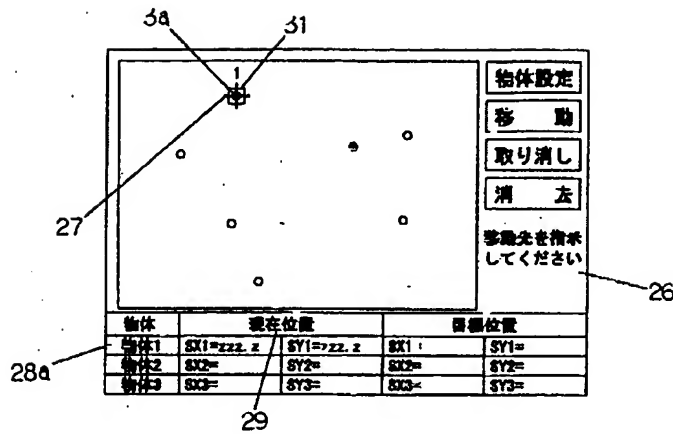
【図6】



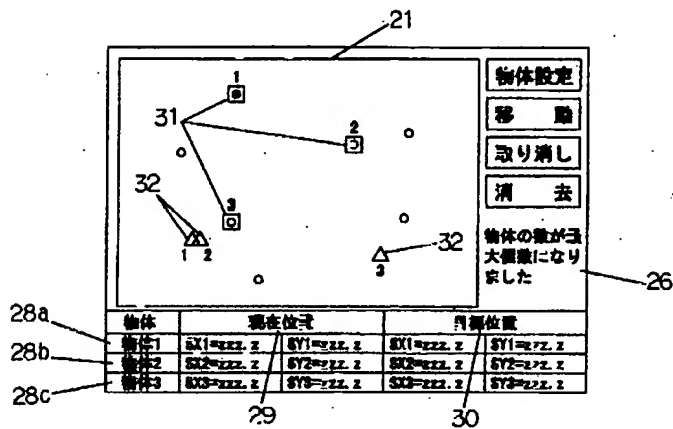
【図7】



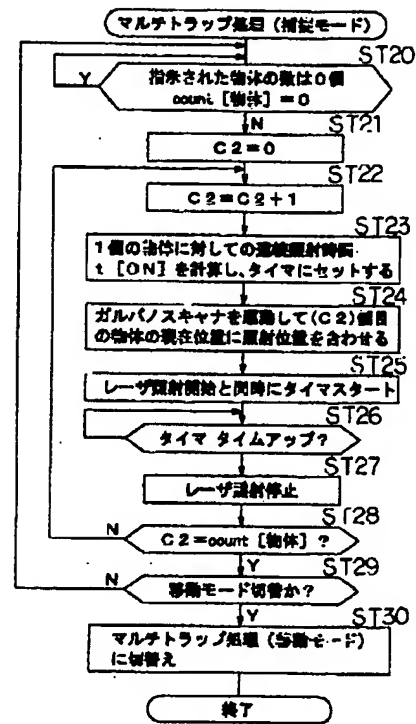
【図3】



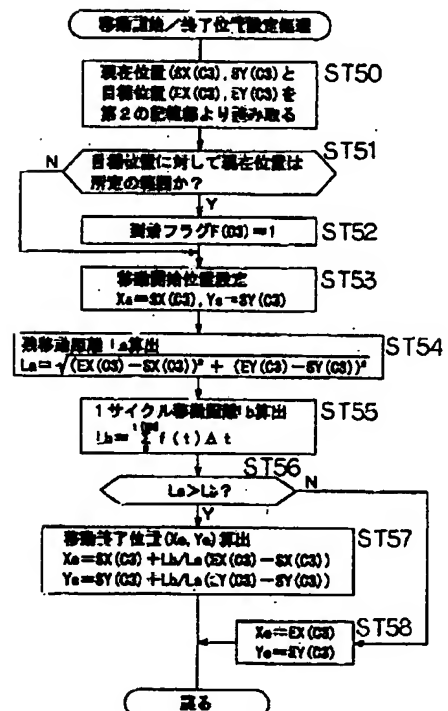
【図5】



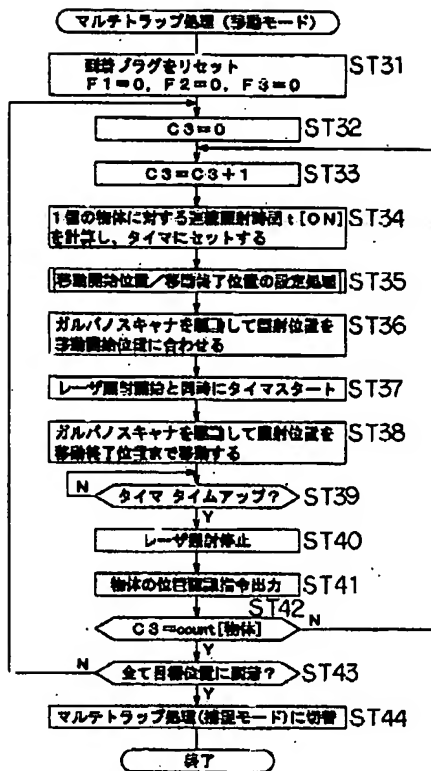
【図9】



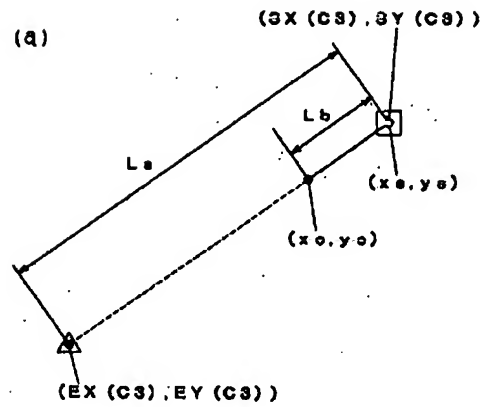
【図11】



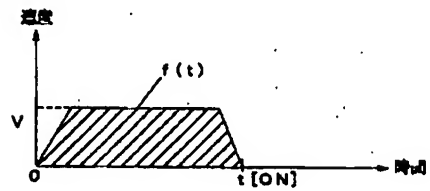
【図10】



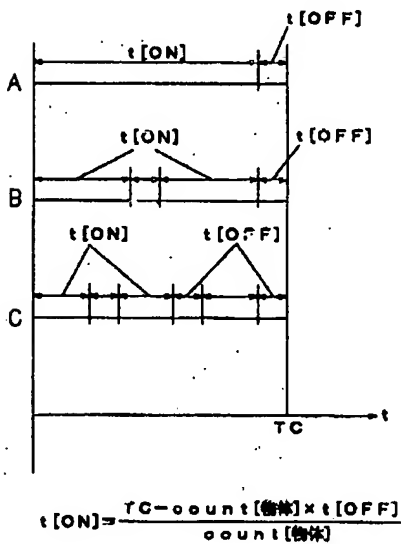
【図12】



(b)



【図13】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**